

Onko lypsylehmien hyvinvoinnilla ja terveydellä yhteyttä maitotuotokseen?

Olli Niskanen, Lilli Frondelius, Lauri Jauhiainen, Auvo Sairanen ja Mikaela Mughal

LETKA plus-hanke (149/03.01.02/2016)

Loppuraportti 4.9.2018

Sisällys

1.	Tutkimuksen tavoitteet	2
2.	Tutkimusosapuolet ja yhteistyö.....	2
3.	Tutkimuksen tulokset	3
3.1.	Aineistot.....	3
3.1.1.	Tuotosseurannan ja terveystarkkailun aineistot	3
3.1.2.	Ruokinnan päivälaskelmat.....	4
3.1.3.	Naseva – terveydenhuoltokäyntien arviointilomakkeet	6
3.2.	Tutkimusmenetelmät	6
3.2.1.	Pääkomponenttianalyysi	6
3.2.2.	Regressiomalli.....	7
3.3.	Tutkimustulokset	8
3.3.1.	Pääkomponenttianalyysi	8
3.3.2.	Regressiomalli Nasevan ja hoitotietojen perusteella	10
3.3.3.	Regressiomalli yhdessä ruokintaa kuvaavien muuttujien kanssa	12
3.3.4.	Tulosten tarkastelu	12
3.4.	Toteutusvaiheen arviointi.....	16
3.5.	Julkaisut	16
4.	Tulosten arviointi	16
4.1.	Tulosten käytännön sovellutuskelpoisuus.....	16
4.2.	Tulosten tieteellinen merkitys.....	16
5.	Lähdeluettelo.....	17

1. Tutkimuksen tavoitteet

Hyvinvoinnin mittaamiseen on kehitetty menetelmiä, kuten WelfareQuality®:n (WQ®) –arviointi. Tämän tyyppinen arviointi on yleistymässä, mutta on vaativa panostus sisältäen arviointiin koulutuksen saaneen henkilön suorittaman yksityiskohtaisen tilakäynnin. Toistaiseksi arviointeja ei ole tehty riittävästi kvantitatiiviseen tutkimukseen. Suurin osa suomalaisista maitotiloista on mukana Nasevassa (Nautojen terveydenhuollon seurantarjestelmä). Nasevaan liittyy eläinlääkäreiden suorittama terveydenhuoltokäynti, jonka tiedonkeruu pohjautuu WQ®:n periaate- ja kriteerijakoon ja Nasevassa arvioidaan pitkälti samoja asioita kuin WQ®:ssa. Aineisto on laaja ja kansainvälisestäkin katsoen ainutlaatuinen. Tässä hankkeessa testataan tämän aineiston käyttöä kvantitatiivisessa tutkimuksessa. Tutkimussuunnitelman mukaan tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää:

- a) Millainen yhteys Nasevassa kerättävillä tiedoilla on maitotuotokseen?
- b) Millainen yhteys Nasevassa kerättävillä tiedoilla on tuotannon kannattavuuteen?

Tutkimussuunnitelman tarkentamisen yhteydessä päätettiin hankkeen rajalliset resurssit keskittää ensimmäisen kohdan (a) selvittämiseen. Käsitteenä *kannattavuus* edellyttäisi kaikkien käytettyjen panosten, kuten työ- ja pääomapanoksen huomioimista tuotannontekijöinä, johon tässä hankkeessa ei ollut resursseja.

Karjojen keskinäistä maitotuotosvertailua varten on tehty Maitoisa ennustemalli. Tilojen keskituotosten vertailu sisältää kaikki tuotantoon vaikuttavat muuttujat. Maitoisa-malli erottaa tilojen välisestä tuotosvaihtelusta perimän, poikimakerran ja mittausajankohdan vaikutukset (Koivula et al. 2007). Jäljelle jäävä tilojen välinen vaihtelu on laskennallisesti peräisin ruokinnasta ja hoidosta. Yhdessä näitä tekijöitä kutsutaan managementiksi. Maitoisamalli laskee kuinka paljon yksittäisen lehmän päivätuotos eroaa kaikkien tarkkailussa olevien lehmien tuotoskeskiarvosta. Näistä erotuksista lasketaan ensikoille ja useasti poikineille karjakohtaiset päivätuotospoikkeamat kuukausi- ja vuositasolla. Negatiiviset luvut ilmaisevat keskimääräistä matalampaa ruokintaintensiteettiä ja/tai ongelmia yleisessä karjanhoidossa. Vastaavasti positiiviset poikkeamat ilmaisevat onnistunutta karjanhoitoa suhteessa perimän perusteella odotettuun tuotostasoon. Mallin antamaa erotusta kutsutaan Maitoisa-ratkaisuksi. Tutkimuksen käytössä ollut aineisto sisälsi päivätuotospoikkeamat vuosikeskiarvoina.

Tämän tutkimuksen lopullisena tavoitteena oli selvittää Maitoisa-ratkaisujen erojen kvantitatiivisia syitä eri karjojen välillä. Ennustemalli itsessään kertoo vain erojen suuruuden, ei erojen syitä. Ensimmäisessä vaiheessa Maitoisa-ratkaisujen eroja selitettiin Nasevan hoitotiedoilla. Toisessa vaiheessa jäljelle jäävää vaihtelua selitettiin käytettävissä olevilla ruokintatiedoilla.

2. Tutkimusosapuolet ja yhteistyö

Luonnonvarakeskuksesta hankkeeseen osallistuivat

- Olli Niskanen, tutkija, hankkeen vastuullinen johtaja
- Lauri Jauhiainen, erikoistutkija
- Auvo Sairanen, erikoistutkija
- Lilli Frondelius, tutkija

Lisäksi hankkeeseen on antanut työpanosta erillisellä apurahalla työskennellyt

- Mikaela Mughal, väitöskirjatutkija (Itä-Suomen yliopisto)

Rahoituspäätös hankkeelle saatiin 13.3.2017. Aineistopyynnöt laitettiin vireille 26.4.2017. Tuotosseuranta-aineistoa hallinnoi maitotilavalioikunta, joka myönsi kokouksessaan hankkeelle oikeuden käyttää aineistoa. Naseva-aineistoa puolestaan hallinnoi Nasevan johtoryhmä, jonka kanssa pidettiin vielä erikseen käyttötarkoitusta selventävä palaveri 2.6.2017. Naseva myönsi tämän perusteella hankkeelle oikeuden käyttää aineistoa. Aineiston toimitus kuitenkin

siirtyi kesälomien yli ja oli kokonaisuudessaan tutkijoiden käytettävissä vasta 1.9.2017. Hankkeen tutkimus päästiin käytännössä aloittamaan vasta tässä vaiheessa.

Hankkeen aloitusohjausryhmä siirrettiin pidettäväksi vasta aineiston toimituksen jälkeen 8.9.2017, jotta tutkijoilla oli mahdollisuus hieman perehtyä aineistoon ennen ensimmäistä kokousta. Näin pystyttiin tarjoamaan myös ohjausryhmälle aineiston alustava kuvaus. Hankkeen aikana eri paikkakunnilla työskentelevien tutkijoiden keskinäisiä palavereita on pidetty videoyhteyksin noin kuukausittain. Hankkeen päätösohjausryhmä pidettiin 4.9.2018.

3. Tutkimuksen tulokset

3.1. Aineistot

Suomalaista maidontuotantoa dokumentoidaan monipuolisesti. Yksi tämän tutkimuksen motiiveista oli löytää käyttöä laadukkaaksi tunnetulle, mutta tutkimuksessa rajallisesti hyödynnetylle aineistolle. Tutkimuksessa yhdistettiin kolmen eri aineistolähteen tietoja parhaan mahdollisen kvantitatiivisen aineiston hankkimiseksi.

3.1.1. Tuotosseurannan ja terveystarkkailun aineistot

Tuotosseurantaa toteutetaan Suomessa International Committee for Animal Recording (ICAR) -järjestön julkaisemien ohjeiden pohjalta. ProAgria Keskusten Liitto johtaa ja valvoo tuotosseurantaa Suomessa. Liitossa maitotilojen asiantuntijapalveluun ja tuotosseurantaan liittyvät asiat käsittelee ProAgria Keskusten Liiton maitotilavaliokunta. Seurantarekisteriin tallennetaan kunkin lehmän ja koko karjan tuotantotulokset: maito-, rasva- ja valkuaismäärät, maidon keskirasva- ja valkuaispitoisuus ja solupitoisuus. Lisäksi tuotosseurannasta löytyy elopaino ja poikimavälin pituus.

Terveystarkkailu-aineisto perustuu eläinlääkäreiden siemennyskortteille kirjaamiin hoitoihin. Seminologit tallentavat tiedot edelleen tietokantaan. Joissain tapauksissa eläinlääkärit itse tai karjanhoitajat suorittavat tietokantatallennuksen. Aineistossa olevat hoidot on luokiteltu 37 kliiniseen luokkaan, joissa on yhteensä 143 erilaista hoitokoodia. Hankkeen analyysijä varten hoitokoodit luokiteltiin edelleen 16 yläluokkaan. Viisi yleisintä hoidon syytä olivat utaretulehdus, kiimattomuus, ovulaatiohäiriöt, poikimahalvaus ja sukuelintulehdukset. Sorkkasairauksien osalta sorkanhoitajien tekemät hoidot puuttuivat aineistosta.

Taulukko 1. Hoitojen lukumäärät vuosittain tutkimuksen terveystarkkailuaineistossa

	2014	2015	2016
Hedelmällisyys	34348	33467	32258
Utaresairaudet	29907	29537	27188
Sukuelinhäiriöt	12324	13197	12266
Halvaukset	9330	10131	8852
Sorkka- ja jalkasairaudet	6830	8612	8853
Ruoansulatuskanavansairaus	2733	3869	4232
Hengityselinsairaudet	1189	2982	3203
Asetonitauti	2310	2602	2155
Sisäelinsairaudet	1722	2338	2639
Ihosairaus	1258	2360	1862
Muu sairaus	1045	1539	1712
Muu loukkaantuminen	797	1160	1114
Laidunkouristus, hypomagnesia	668	692	600
Tarttuvat taudit	126	618	645

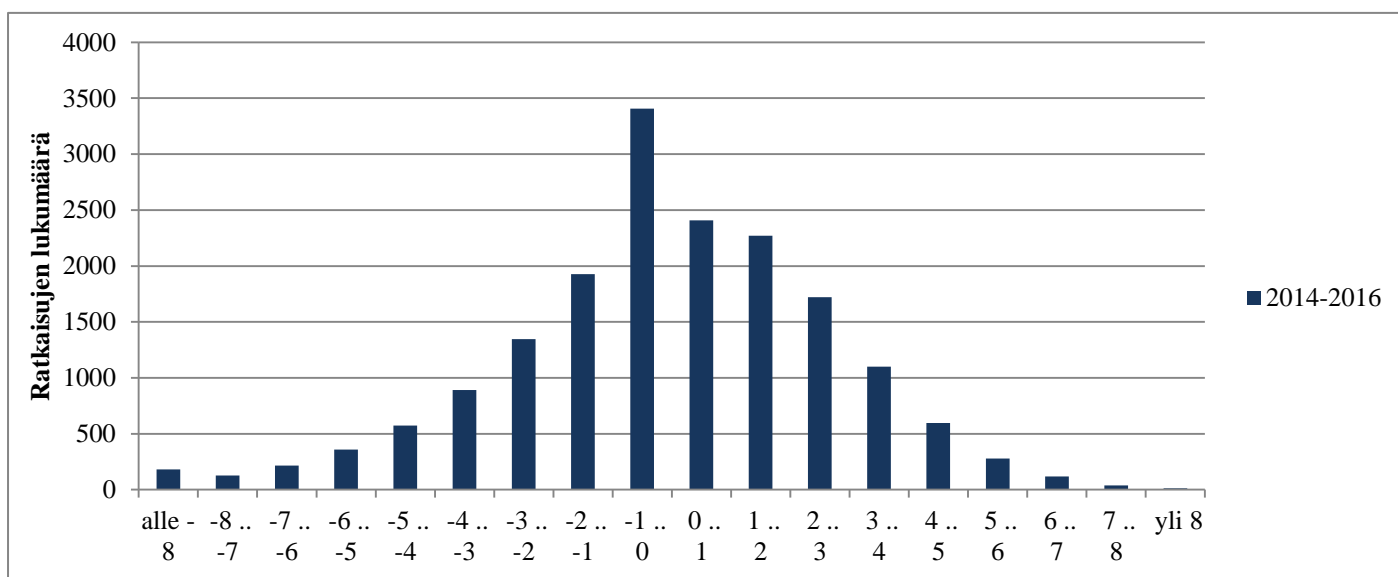
Sisäloissairaus	136	116	245
Keskushermoston ja aistinelinten sairaus	144	152	162
Myrkytys	6	3	7

Maitoisa-ratkaisu

Suomessa käytettävä, yhteispohjoismainen kokonaisjalostusarvo on nimeltään Nordic Total Merit (NTM). NTM perustuu tuotos- ja terveystarkkailussa kerättyihin tietoihin. NTM:ssä on mukana myös ominaisuuksia, joiden arvosteluissa hyödynnetään siemennystietoja (hedelmällisyys), rakennetietoja, sorkkahoitotietoja (sorkkaterveys), poistotietoja (vasikoiden elinvoima) ja teurastamotuloksia (kasvu). Jalostusarvossa huomioidaan valitut ominaisuudet sekä myös korrelaatiot eri ominaisuuksien välillä. Kestävyyden painokerroin NTM:ssä on itsessään melko pieni, mutta sen korrelaatio NTM:n kanssa on voimakas. Tämä siksi, koska eri ominaisuuksissa on mukana useita suoraan kestävyteen vaikuttavia ominaisuuksia. Kokonaisjalostusarvo ei maksimoi tuotosta, vaan taloudellista lopputulosta. Ominaisuuksien painotukset NTM:ssä riippuvat ominaisuuksien taloudellisista arvoista, jotka puolestaan on laskettu kuhunkin ominaisuuteen liittyvien tuottojen ja kustannusten erotuksesta.

Jalostusarvon laskennassa on tärkeää erottaa, mikä osa tuotoksesta on peräisin eläinten perimästä ja mikä on peräisin ympäristövaikutuksesta. Ympäristövaikutuksia ovat esimerkiksi aikaa poikimisesta, ruokinta tai karjanhoitajan ammattitaito. Ympäristövaikutuksista osa on suoraan mitattuja ja loppuosa saadaan erotuslaskennalla. Esimerkiksi ruokintaa ei mitata suoraan. Ei-perinnöllisistä tekijöistä kootaan Suomessa Maitoisa-ratkaisu, joka kuvaa karjan hoidon ja ruokinnan onnistumisen tasoa suhteessa kaikkien seurannassa olevien karjojen keskitasoon. Malli on regressiomalli, jossa huomioidaan poikimaikä, laktaatiokauden vaihe, tiineyden vaihe, mallinnettu lypsykäyrän muoto, poikimavuodenaika ja laskentavuosi.

Maitoisa-ratkaisun tulos esitetään lehmäkohtaisen päivätuotoksen poikkeamana maan keskiarvosta. Nolla tarkoittaa populaation keskimääräistä odotettavissa olevaa tuotosta karjan geneettinen taso huomioiden. Ratkaisu kertoo tuotostason poikkeaman odotetusta, mutta se ei kerro poikkeaman syitä. Maitoisa-ratkaisut perustuvat koelypsyihin ja tulos mallinnetaan kuukausitasolle. Kuukausiratkaisut lasketaan erikseen ensikoille ja useamman kerran poikineille. Tässä tutkimuksessa käytettiin ensikoiden osuudella painotettuja ratkaisujen vuosikeskiarvoja. Kuvassa 1 on esitetty aineiston karjakohtaiset painotetut Maitoisa-poikkeamat vuosilta 2014–2016. Välillä -4 ... +4 kg oli 85,7 % karjoista.



Kuva 1. Maitoisa -ratkaisujen vuotuiset karjakohtaiset keskiarvot vuosilta 2014 - 2016. (N = 17 575)

ProAgria tarjoaa maitotiloille ruokinnansuunnitteluun Karjakompassi-palvelua. Osana karjakompassia tehdään ns. ruokinnan päivälaskelma, joka tarvitaan ruokinnan optimoinnin lähtötilanteen selvittämiseen. Laskelmassa mitataan karjan yhden päivän rehunkulutus ja selvitetään rehujen analyysitiedot. Samaiselta tarkastelupäivältä tallennetaan myös karjakohtainen maitomäärä sekä maidon pitoisuudet. Tavoitteena on tehdä laskelma rehustuksen muuttuessa merkittävästi vuoden aikana, mutta käytännössä laskelmia tehdään hyvin vaihteleva määrä. Aineistossa laskelmia on tehty keskimäärin 7.5 kpl kolmen vuoden seurannan aikana. Laskelmamäärän keskihajonta oli 6.4 kpl, neljäsosalla tiloista oli korkeintaan 2 laskelmaa eli vähemmän kuin yksi laskelma per vuosi. Rehumäärien osalta käytetään punnitustuloksia niin pitkälle kuin on saatavissa. Aineistoon tallennettuja päivälaskelmia on tuhansia, joka tekee siitä kansainvälisestikin tarkasteltuna poikkeuksellisen laajan ruokintoja kuvaavan tietokannan. Aineiston yleisiä tietoja on esitetty Taulukossa 2. Ruokinnan osalta mukaan mallinnukseen on otettu ne tilat, joilta löytyy vähintään yksi ruokinnan päivälaskelma vuodessa (2212 kpl).

Taulukko 2. Päivälaskelma-aineistot

	2014	2015	2016
Tilalukumäärä, kpl	3464	3190	2868
Tehtyjä laskelmia, kpl	7685	7559	7099
Sr-syönti-indeksi, ka.	106	105	107
Vr-syönti-indeksi, ka.	109	109	110
Vakiotuotos, ka.	28,3	29,1	29,1

Säilörehun (SDMI) ja väkirehun syönti-indeksi (CDMI) sisältävät tiedon ruokinnan koostumuksesta (Huhtanen ym. 2011). Ruokintakokonaisuuden selvittämiseksi syönnin säilörehukulutus täytyy mitata vielä erikseen. Säilörehun osalta indeksi sisältää rehun analyysitiedot. Väkirehun osalta indeksi sisältää väkirehun syöntimäärän ja rehun koostumustiedot. Indeksiluvun nousu kuvaa ruokinnan dieetin syöntipotentiaalin nousua ja samalla lisääntyvää, dieetistä peräisin olevaa maitotuotoksen nousua. Syönti-indeksit ovat additiivisia ja niiden summa vähennettynä sadalla on koko dieetin syönti-indeksi (TDMI).

Aineistossa on valmiiksi laskettu karjan vakioitu maitotuotos (Huhtanen ym. 2011). Ruokinnan päivälaskelman hetkisestä maitotuotoksesta on laskennallisesti poistettu erilaisten ruokintojen ja poikima-ajankohdan vaikutus. Vakiotuotos on lehmän laskennallinen tuotos, jonka kyseinen lehmä lypsäisi 150 päivää poikimisen jälkeen standardiruokintaa käyttäen. Standardiruokinta on dieetti, joka sisältää valkuaista (OIV) 90 g/kgka ja dieetin kokonaissyönti-indeksi on 100 pistettä. Standardiruokinta ei siten ole karjojen keskimääräinen ruokinta. Mitä suurempi vakiotuotos, sitä suurempi karjan tuotospotentiaali on. Laskentaa on havainnollistettu Taulukossa 3.

Taulukko 3. Vakioitun maitotuotoksen laskeminen esimerkkikarjoilla (Kyntäjä ym. 2010)

	Karja 1	Karja 2	Karja 3	Karja 4	Karja 5	Karja 6
Energiakorjattu maitotuotos, kg/pv	28	28	28	28	28	28
Säilörehu, D-arvo	700	700	700	650	650	650
Rehuvilja, kg/pv	4	6	8	4	6	8
Rypsirouhe, kg/pv	2	3	4	2	3	4
Säilörehun syönti-indeksi	115	115	115	90	90	90
Väkirehun syönti-indeksi	91	108	121	91	108	121
Kokonaissyönti-indeksi	106	123	136	81	98	111
Vakiotuotos, kg/pv	27,1	24,5	22,6	30,9	28,3	26,3
Ruokinnan tuotosvaikutus (EKM-ero)	0,9	3,5	5,4	-2,9	-0,3	1,7

3.1.3. Naseva – terveydenhuoltokäyntien arviointilomakkeet

Nasevan yhtenä tehtävänä on dokumentoida terveydenhuollon tuottamaa laatutietoa. Eläinlääkäri tekee tilalle vuosittain vähintään yhden Naseva – terveydenhuoltokäynnin, jossa karjan olosuhteita, terveyttä ja hyvinvointia tarkastellaan 52 mittaria sisältävän lomakkeen avulla. Lomakkeessa eri mittarit arvioidaan asteikolla 1-3 (Tilanne/Toimintatapa on 1 = Hyvä; 2 = Tyydyttävä; 3 = Korjattava). Jos arvioitava kohta ei koske tilaa tai arviointi ei jostain syystä juuri tuolla hetkellä ole mahdollista, merkitään tämä lomakkeeseen (X = Ei koske tilaa tai 0 = Ei arvioitavissa, syy lisätietoihin).

Tarkastelussa keskityttiin lehmien osalta arviointeihin ja hyvinvoinnin kannalta merkittäviin mittareihin. Osa yleisluontoisista kohdista pudotettiin harkinnan jälkeen pois aineistosta. Lehmiin liittyvien mittarien lisäksi mukaan sisällytettiin kaksi vasikoiden hoitoon liittyvää arviointikohtaa (2.1.1.3 ja 2.1.2.7), joiden arveltiin kuvaavan tilan toimintatapoja yleisellä tasolla. Yhteensä jatkoanalyysiin valittiin 43 Nasevan mittaria (Tulokset: Taulukko 4). Aineistossa oli yhteensä 4117 maitotilaa, joilta oli terveydenhuoltokäynnin tiedot kaikilta kolmelta vuodelta. Analyysissä käytettiin Naseva mittarien osalta näiden kolmen vuoden keskiarvoa.

Taulukko 4. Yhteenvedo käytettyjen aineistojen tilamääristä

Vuosi	2014	2015	2016	2014 - 2016
Karjojen kokonaismäärä Suomessa	8567	8124	7574	
Tuotosseuranta (Maitoisa-ratkaisut aineistossa)	6242	5865	5468	5421
Naseva (vain lypsykarjatilat)	4259	4300	4484	4117
Päivälaskelma-aineisto	3464	3190	2868	2212

3.2. Tutkimusmenetelmät

3.2.1. Pääkomponenttialyysi

Pääkomponenttialyysiä käytetään yleisesti aineiston kuvailuun ja piilevien muuttujien löytämiseen. Pääkomponenttialyysin tuloksia voidaan myös hyödyntää jossain toisessa analyysissä kuten esimerkiksi regressioanalyysissä. Tässä tutkimuksessa käytetään pääkomponenttialyysin perusteella laskettavia komponenttipisteitä regressioanalyysissä yhdessä muiden muuttujien kanssa selittämään Maitoisa –poikkeamaa.

Pääkomponentit johdetaan alkuperäisistä muuttujista. Pääkomponenttialyysissä käytännössä halutaan kuvata vaihtelua korreloivissa alkuperäisissä muuttujissa $xT = (x_1, \dots, x_q)$ uusien korreloimattomien muuttujien $yT = (y_1, \dots, y_q)$ välillä, jotka ovat lineaarikombinaatioita alkuperäisistä x-muuttujista. Käytännössä muuttuja y_1 kattaa mahdollisimman paljon vaihtelusta alkuperäisessä aineistossa, jonka jälkeen y_2 valitaan kattamaan mahdollisimman paljon jäljellä olevasta vaihtelusta. Uudet muuttujat y_1 sekä y_2 eivät saa myöskään korreloida keskenään. Muuttujia y_1, \dots, y_q kutsutaan pääkomponenteiksi.

Yksi hankkeen tarkoituksista on etsiä, minkälainen yhteys Nasevassa kerättävillä tiedoilla on maitotuotokseen. Yhteyttä selvitettiin myöhemmin tässä raportissa kuvattavalla mallilla. Tämä malli olettaa, etteivät mallin sisältämät selittäjät korreloi keskenään. Mikäli selittävät muuttujat korreloivat, syntyy ns. multikollineaarisuusongelma. Tällöin mallin antamat tulokset voivat olla virheellisiä. Ongelman ratkaisemiseksi tehtiin pääkomponenttialyysi, minkä antamat pääkomponentit ovat keskenään riippumattomia. Samalla tulosten tulkinta helpottuu, kun ei tarvitse selittää 55 muuttujan yhteyttä maitotuotokseen, vaan niitä muodostettuihin uusiin muuttujiin joissa on tietoa usean muuttujan verran.

Löysimme kaksi pääkomponenttia. Enemmänkin olisi voitu löytää tai valita, mutta kolmannelle pääkomponentille lähtien yksittäiset pääkomponentit sisälsivät vain yhden muuttujan, millä oli iso lataus. Näin ollen useampia pääkomponentteja ei tarvittu ja kahteen pääkomponenttiin sisällyttämättömät muuttujat voitiin ottaa malliin omina riippumattomina muuttujina.

Ennen tekijöiden valitsemista malliin, selvitetiin mitkä muuttujat kertovat jostain hetkellisestä muutoksesta tilan tuotanto-olosuhteissa ja mitkä muuttujat taas tuottavat informaatiota pitkäaikaisista olosuhteista joilla voi olla vaikutusta myös tilan maidontuotantoon. Tämä tehtiin ns. varianssikomponenttimallin avulla. Malli estimoi kullekin muuttujalle *tilojen välisen* vaihtelun varianssin sekä *tilojen sisäisen* vaihtelun varianssit. Tämä oli mahdollista, koska melkein kaikilta tiloilta oli saatavissa Naseva-tiedot kaikilta kolmelta vuodelta. Näiden varianssien avulla laskettiin, montako prosenttia tilojen välinen vaihtelu on kokonaisvaihtelusta. Mikäli tilojen välinen vaihtelu oli vähintään 40 % kokonaisvaihtelusta (suhteellinen varianssi), tulkittiin että muuttuja tuo informaatiota pitkäaikaisesta olosuhteista, minkä lisäksi muuttuja pystyy kertomaan tilojen välisistä eroista. Tällaisen muuttujan ottaminen mukaan maitotuotoksen malliin on lähtökohtaisesti mielekäästä. Varianssiestimaatit on esitetty taulukossa 4 tulosten yhteydessä.

3.2.2. Regressiomalli

Regressiomalli on muotoa

$$y_t = X_t\beta + \varepsilon_t$$

Jossa y_t on tilakohtainen Maitoisa-poikkeama ja selittävät muuttujat ovat matriisissa X_t ja niiden parametrit vektorissa β . Mallin tarkoitus on selittää Maitoisa-poikkeamaa Nasevasta saaduilla tuloksilla että tilan hoitotiedoilla. Hoitotiedot oli luokiteltu 16 hoitoluokkaan. Useat hoitoluokat vaikuttivat samalla tavalla maitotuotokseen eli muuttujat olivat korreloituneita. Näitä hoitoluokkia yhdisteltiin, jottei multikollinearisuus aiheuta ongelmia, ja lopputuloksena oli kolme hoitoluokkien ryhmää.

Regressiomalliin sisällytettiin kaksi pääkomponenttianalyysissä löydettyä pääkomponenttia sekä yksittäisiä Naseva-muuttujia, jotka eivät sisällyneet pääkomponentteihin tai joilla oli vain marginaalinen merkitys pääkomponenteissa. Pääkomponentti 2 ei ollut merkitsevä, joten se pudotettiin pois lopullisesta mallista.

Maitoisa -poikkeaman yhteys muihin muuttujiin ei ollut lineaarinen, kuten mallin oletuksiin kuuluisi. Tämän takia useat muuttujat muutettiin 2-5 -luokkaisiksi muuttujiksi seuraavasti:

- Lisääntymishäiriöt ja -sairaudet, kolme tasoa: A (0.0-0.1 hoitoa per eläin), B (0.1-0.2), C (0.2 tai enemmän).
- Aineenvaihdunta, -utare- ja keskushermostosairaudet, kolme tasoa: A (0.0-0.1 hoitoa per eläin), B (0.1-0.2), C (0.2 tai enemmän).
- Muut hoidot, viisi tasoa: A (0.00-0.25 hoitoa per eläin), B (0.25-0.25), C (0.50-0.75), D (0.75-1.00), E (1.00 tai enemmän)
- 1. pääkomponentti, viisi tasoa: A (pistemäärä -1.7 tai vähemmän), B (-1.7 - -0.6), C (-0.6 - +0.6), D (0.6 - 1.7), E (1.7 tai enemmän).
- Teurasruhojen rasvaluokka, neljä tasoa: A (pistemäärä 1.00), B (1.01-2.00), C (2.01-2.99), D (3.00)
- Jaloittelu, kaksi tasoa: A (pistemäärä 1.00-2.00), B (2.01-3.00)
- Utareterveys, kaksi tasoa: A (pistemäärä 1.00-2.00), B (2.01-3.00)
- Maidon laatu, kolme tasoa: A (pistemäärä 1.00), B (1.01-2.99), C (3.00)
- Kuolleisuus, kolme tasoa: A (pistemäärä 1.00-1.99), B (2.00-2.99), C (3.00)
- Nupoutus, kaksi tasoa: A (pistemäärä 1.00-2.00), B (2.01-3.00)
- Laidunnus, kolme tasoa: A (pistemäärä 1.00), B (1.01-2.00), C (2.01-3.00)

Muuttujina teurasruhojen rasvaluokka, nupoutus, utareterveys, maidon laatu, kuolleisuus ja laidunnus sisälsivät latauksen pääkomponenteissa, mutta latauksen osuus oli sen verran pieni että muuttujilla voi olla jokin itsenäinen rooli. Tätä korostaa se, että muuttujat ylipäänsä selittivät kohtuullisen paljon tilojen välisistä eroista. Näin ollen

nämä muuttujat voitiin ottaa malliin myös omina selittäjinä. Tällöin pääkomponenteissa oli muuttujien se osuus, millä oli korrelaatiota muiden muuttujien kanssa, ja itsenäisiin selittäjiin jäi muuttujien itsenäinen rooli.

Ruokintatietojen regressiomalli (Malli 2)

Ruokintatietoja oli riittävällä tarkkuudella saatavilla vain 2212 tilalle, joten aineiston koko oli huomattavasti hoitotietomallia pienempi. Tilahavaintomäärien suuresta erosta johtuen päädyttiin kaksivaiheiseen analyysiin, jossa toisessa vaiheessa hoitotietojen jälkeen selittämättä jäänyttä jäännösvaihtelua (residuaali) selitettiin tuotosvaiheeseen ja ruokintaan liittyvillä muuttujilla. Maitoisa – ratkaisun residuaalia selittävät tekijät olivat: vakioitu energiakorjattu maitotuotos (vEKM), karkearehuindeksi (SDMI-indeksi), väkirehuindeksi (CDMI-indeksi), tuotosvaihe (DIM) (2 luokkaa, yli tai alle 200 päivää) ja tilan keskilehmäluku (yli tai alle 60 lehmää). Regressiomalli sovitettiin ensin aineistolle, missä oli mukana kaikki 2212 tilaa mukana. Sen jälkeen tiloista pudotettiin pois ne, joilta ruokintatietoja ei ollut saatavissa jokaiselta vuodelta. Tulos ei muuttunut olennaisesti estimaattien osalta, mutta tilastolliset merkitsevyydet heikkenivät ja estimaattien keskivirheet kasvoivat aineistoa supistamalla, kun koevirheen määrä ei kasvanut vaikka epätarkin osuus tiloista jätettiin pois. Tämä tarkoitti sitä, että kaikki tilat kannatti ottaa mukaan koska jokainen tila toi informaatiota enemmän kuin vähäiseen ruokintalaskelmien määrään liittyvä havainto heikensi tulosten tarkkuutta.

3.3. Tutkimustulokset

3.3.1. Pääkomponenttianalyysi

Pääkomponenttianalyysi tehtiin, jotta muuttujien sisältämää informaatiota voitiin yhdistää. Näin saatiin kaksi uutta muuttujaa eli pääkomponenttia. Nämä sisälsivät tietoa 29 Naseva-muuttujasta. Pääkomponentteihin sisällytettiin vain ne muuttujat, joiden lataus oli itseisarvoltaan $\geq 0,30$. Osa muuttujista ei latautunut riittävästi mihinkään faktoriin. Osa näistä muuttujista otettiin mallin mukaan itsenäisinä muuttujina. Tulokset löytyvät taulukosta 5.

Suurin osa Nasevan mittareista latautui Pääkomponentille 1 ja tämä komponentti tulkittiin yleiseksi eläinten hyvinvoinnin muuttujaksi. Pääkomponentti sisälsi muun muassa mittareita, jotka kuvastavat makuumukavuutta, ravitsemusta, käyttäytymistä ja terveydentilaa, mutta myös joitakin managementiin liittyviä tekijöitä. Pääkomponentti 2 tulkittiin puolestaan kasvatusolosuhteita ja managementia kuvaavaksi muuttujaksi. Se sisälsi muun muassa kytkettynä pitämistä, laidunnusta ja poikimisen managementia kuvaavia mittareita, mutta myös muutamia merkittäviä terveysmuuttujia, kuten kuolleisuus sekä utare- ja sorkkaterveys. Se ei kuitenkaan osoittautunut merkitseväksi muuttujaksi Maitoisaa selittäneissä malleissa.

Jotkin Naseva mittarit eivät saaneet voimakasta latausta millekään pääkomponentille, mutta niiden varianssin perusteella voidaan olettaa, että ne kertovat jotain tilojen välisestä vaihtelusta, ja tämän takia ne sisällytettiin itsenäisinä muuttujina jatkoanalyysiin. Nämä muuttujat olivat teurasruhojen rasvaluokka ja nupoutus. Utareterveys, maidon laatu, kuolleisuus ja laidunnus sisälsivät paljon vaihtelua ja näin ollen myös informaatiota. Pääkomponenttien määrää lisättäessä niiden ympärille muodostui omat komponenttinsa. Näin ollen ne päätettiin lisätä myöhempiin malleihin erillisinä muuttujina tulokinnan helpottamiseksi.

Taulukko 5. Naseva-muuttujat jotka sisällytettynä pääkomponenttianalyysiin, niiden lataukset pääkomponenteille ja varianssiestimaatit. Vain lataukset, jotka ovat itseisarvoltaan ≥ 0.30 on esitetty taulukossa.

Osio	Mittari	Faktori 1	Faktori 2	Varianssi	Suhteellinen varianssi (%) ¹
Tuotantotiedot ja toimintatavat	Sairaudet, hoidot ja kuolemat on kirjattu ja arvioitu	0,40		0,12	61,0
	Maidon jäämät testataan antibioottihoitojen jälkeen ja testitulos kirjataan			0,05	59,3
	Kuolleisuus	0,32	0,40	0,17	47,3
	Utaretulehdusnäytteitä tutkitaan kattavasti	0,30		0,09	68,4
	Teurasruhojen rasvaluokka			0,05	53,5
	Maidon laatu	0,35	0,42	0,13	61,7
	Vasikkatuotos			0,07	53,7
Eläinten hyvinvointi:					
Ruokinta	Eläinten ravitsemustila	0,42		0,04	46,2
	Veden saatavuus ja virtausten riittävyys	0,48		0,20	64,5
	Maitojuoman määrä ja antotapa	0,36		0,15	65,1
Terveys	Yleiskunto ja terveydentila	0,45		0,01	46,2
	Eläinryhmän tasaisuus/eläinten ryhmittely	0,41		0,05	64,4
	Karvapeitteen kunto	0,41		0,03	47,6
	Utareterveys	0,41	0,35	0,23	62,0
	Sorkkaterveys, ontuminen	0,37	0,31	0,08	53,0
	Iho- ja nivelvauriot	0,48		0,16	64,3
	Nupoutus			0,28	78,8
	Eläinten puhtaus ja kuivuus	0,51		0,13	62,6
	Ilman laatu ja lämpötila	0,46		0,04	58,3
Olosuhteet	Kokonaistila/eläin	0,47		0,07	73,2
	Makuutila/eläin, eläimet mahtuvat kokonaan/yhtä aikaa makuualueelle	0,44		0,07	64,6
	Makuualueen mukavuus	0,51		0,15	74,5
	Poikiminen	0,43	-0,59	0,23	83,8
	Liikkumista rajoittavat rakenteet	0,44	-0,61	0,23	82,5
	Liukkaus	0,31		0,05	65,3
	Jaloittelu	0,36		0,44	84,0
	Laidunnus		0,51	0,19	83,5
	Eläinryhmän käyttäytyminen keskenään	0,35		0,01	45,0
Käyttäytyminen	Eläinten suhde ihmiseen	0,33		0,00	44,1
	Häiriökäyttäytyminen			0,01	39,3
	Eläinten käsittely ja käsittelytilat	0,30		0,03	67,9
Tarttuvien tautien ennaltaehkäisy	Ruokinta- ja rehuhygienia, kuivitus ja lannan käsittely, rehuvarastojen suojaus ja haittaeläinten torjunta	0,45		0,12	73,8

Luonnonvarakeskus

Tarttuvien tautien esiintyminen

Havainnot kliinisistä oireista viimeisen 12 kk:n aikana	Kliiniseen salmonellatartuntaan viittaavia oireita		0,00	0,0
	Paratuberkuloosiin viittaavia oireita		0,00	0,0
	Str. agalactiae -utaretulehduksia		0,03	56,3
	Ripulia		0,02	18,7
	Luomisia	0,32	0,05	32,6
	Hengitystietulehduksia		0,00	10,2
	Tartunnallisia sorkkatulehduksia	0,46	0,06	55,8
	Ulko- /sisäloisia		0,05	45,4
	Mycoplasma bovisin viittaavia oireita		0,00	34,6
Pälvisilä	Tilakäynnillä tehdyt havainnot kliinisistä pälvisilä oireista		0,00	33,6
	Tilan pälvisilätilanne edeltävän 3 vuoden ajalta		0,01	50,7

¹ Taulukossa on esitetty varianssistimaatti tilojen väliselle vaihtelulle sekä suhteellinen vaihtelu koko aineistossa esiintyvään vaihteluun. Mikäli suhteellinen vaihtelu on 40 % tai enemmän, muuttuja tuo tietoa tilojen välisistä eroista ja on siten potentiaalinen selittämään tilojen välisiä eroja maidontuotannossa.

3.3.2. Regressiomalli Nasevan ja hoitotietojen perusteella

Eri aineistoissa oli eri määrä tiloja. Koko aineiston hyödyntämiseksi tarkastelua tehtiin aluksi eri tasoilla. Ensimmäisessä mallissa käytettiin selittäjänä muuttujia, joista oli eniten havaintoja eri tiloilta, eli Naseva-aineistoa ja hoitoaineistoa. Tähän aineistoon saatiin mukaan yhteensä 3887 havaintoa. Muuttujat sisällytettiin aineistoon diskreetteinä taulukon 4 mukaisesti.

Hoidot luokiteltiin tasavälisesti hoitojen lukumäärä per eläin – kriteerillä. Lisääntymishäiriöiden hoidot ja aineenvaihdunta-, utare- ja keskushermostosairaudet luokiteltiin kolmeen luokkaan tasavälein 0,0-0,1; 0,1-0,2; ja yli 0,2. Muiden hoitojen summa jaettiin 5 tasaväliseen luokkaan. Sekä lisääntymishäiriöiden ($p < 0,001$) että muiden hoitojen ($p < 0,001$) osalta positiivinen Maitoisa-poikkeama kasvaa hoitojen määrän per eläin kasvaessa. Vastaavasti aineenvaihdunta-, utare- ja keskushermostosairauksien korkeampi määrä heikentää Maitoisa-poikkeamaa ($p < 0,001$), kuitenkin niin, että arvo pysyy positiivisena.

Tilat jaettiin Pääkomponentin 1 pisteiden perusteella mallissa viiteen tasaväliseen luokkaan. Pääkomponentti 2 ei ollut tilastollisesti merkitsevä ja se pudotettiin pois mallista. Korkeammat pisteet Pääkomponentissa 1 heikensivät Maitoisa -poikkeamaa ($p < 0,001$); kahdella korkeimmalla pisteluokalla Maitoisa-poikkeama oli negatiivinen, kun puolestaan tiloilla, joilla on matalat tai keskinkertaiset pääkomponenttipisteet, Maitoisa-poikkeama on positiivinen.

Pääkomponentteihin latautumattomat muuttujat, joilla kuitenkin oli merkitsevä vaikutus malliin, sisällytettiin yksittäisinä selittäjinä. Näiden muuttujien luokittelu on tehty siten, että tilat, jotka saavat jokaisena vuonna arvon 1, ovat omana luokkanaan. Tilat, jotka jonakin vuonna saavat arvon 2 ovat seuraavassa luokassa. Tilat, joiden arvioinneista löytyy kolmosia, ovat kolmannessa luokassa. Teurasruhojen rasvaluokan ($p < 0,05$), maidon laadun ($p < 0,001$) ja kuolleisuuden ($p < 0,001$) osalta korkeimmassa luokassa olevat tilat poikkesivat matalamman luokan tiloista, ja näiden tilojen Maitoisa -poikkeama oli lisäksi negatiivinen. Jaloittelussa ($p < 0,001$) ja laidunnuksessa ($p < 0,01$) korkeampi luokka johti myös korkeampaan positiiviseen Maitoisa -poikkeamaan. Vastaavasti korkeampi luokka utareterveydessä laski Maitoisa -poikkeamaa, kuitenkin niin, että poikkeama pysyy positiivisena.

Luonnonvarakeskus

Taulukko 6. Hoitojen, Pääkomponentti 1:n ja erillisten mutta merkitsevien Naseva-muuttujien regressio Maitoisa-poikkeamaan

Muuttuja	Taso	Vaihteluväli	N	Keskiarvo*	Keskivirhe (s.e.)
Lisääntymishäiriöt ja –sairaudet (hoitojen lkm. per eläin)	A	0.0-0.1	1327	0.05 ^c	0,44
	B	0.1-0.2	927	0.39 ^b	0,43
	C	0.2-	1633	0.68 ^a	0,43
Aineenvaihdunta,- utare- ja keskushermostosairaudet (hoitojen lkm. per eläin)	A	0.0-0.1	1555	0.68 ^a	0,43
	B	0.1-0.2	1222	0.64 ^a	0,43
	C	0.2-	1110	0.24 ^b	0,43
Muut hoidot (hoitojen lkm. per eläin)	A	0.00-0.25	1004	-0.31 ^d	0,44
	B	0.25-0.25	1187	0.41 ^c	0,43
	C	0.50-0.75	863	0.89 ^b	0,44
	D	0.75-1.00	475	1.09 ^b	0,45
	E	1.00-	358	1.43 ^a	0,45
Faktori 1 (pistemäärä)	A	- -1.7	28	0.69 ^b	0,59
	B	-1.7 - -0.6	1045	0.78 ^{ab}	0,47
	C	-0.6 - +0.6	2005	0.46 ^b	0,46
	D	0.6-1.7	632	-0.17 ^c	0,46
	E	1.7-	177	-0.66 ^d	0,47
Teurasruhojen rasvaluokka	A	1,00	366	1.01 ^a	0,32
	B	1.01-2.00	3447	0.91 ^a	0,31
	C	2.01-2.99	70	0.46 ^{ab}	0,41
	D	3,00	4	-1.58 ^b	1,20
Jaloittelu	A	1.00-2.00	2134	0.31 ^b	0,43
	B	2.01-3.00	1753	0.57 ^a	0,43
Utareterveys	A	1.00-2.00	2412	0.46 ^a	0,43
	B	2.01-3.00	1475	0.26 ^b	0,43
Maidon laatu	A	1,00	19	0.03 ^a	0,71
	B	1.01-2.99	3850	0.16 ^a	0,38
	C	3,00	18	-2.42 ^b	0,67
Kuolleisuus	A	1.00-1.99	2490	0.26 ^a	0,43
	B	2.00-2.99	1226	0.28 ^a	0,43
	C	3,00	171	-0.51 ^b	0,45
Nupoutus	A	1.00-2.00	3214	0.30 ^a	0,43
	B	2.01-3.00	673	0.14 ^a	0,43
Laidunnus	A	1,00	15	0.07 ^{ab}	0,70
	B	1.01-2.00	3108	0.49 ^b	0,40
	C	2.01-3.00	764	0.83 ^a	0,41

*Keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä (P<0.05) jos ei ole yhtään yhteistä kirjainta.

3.3.3. Regressiomalli yhdessä ruokintaa kuvaavien muuttujien kanssa

Jotta voitiin varmistua eri tekijöitä yhdistelevän mallin soveltuvuudesta, tehtiin aluksi malli, missä oli samanaikaisesti Nasevaan ja hoitotietoihin perustuvan mallin selittäjät että ruokintatiedot sisältävän mallin muuttujat. Tässä mallissa havaintojen lukumäärää rajoitti ruokinnan havaintojen määrä. Uuden mallin antamat parametriestimaatit erosivat vain aavistuksen siitä, mitä erilliset mallit antoivat estimaateiksi. Sitä vastoin yhdistetyssä mallissa parametrien keskivirheet kasvoivat ja sitä kautta useampi tekijä ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä. Tämä johtuu pitkälti siitä, että nyt Nasevan ja hoitotietojen osalta iso osa tiloista jäi mallista pois. Täten saatu tulos oli epätarkempi. Yhdistetty malli mahdollisti kuitenkin sellaisten yhdysvaikutusten testaamisen, missä toinen tekijä on Nasevasta tai hoitotiedoista ja toinen ruokinnasta. Erilaisia yhdysvaikutuksia testattiin, kuitenkin niistä yksikään ei ole tilastollisesti merkitsevä. Näin voimme olla vakuuttuneita, että kahden regressiomallin avulla saatu tulos on luotettava eikä siitä puutu mitään olennaista tietoa, joka meillä olisi käytössä. Samalla saatu tulos on mahdollisimman tarkka ja löytää erot jotka ovat sekä tilastollisesti merkitseviä että käytännön kannalta merkittäviä.

Näin ollen on soveltuvaa käyttää selitettävänä muuttujana Mallin 1 residuaalia ja selittäviä muuttujina ruokinnan indikaattoreita. Tähän malliin otettiin mukaan viisi muuttujaa ja mallin selitysaste oli 46,1 % (Taulukko 7).

Taulukko 7. Malli 2:n tulokset

	Yhden yksikön vaikutus Maitoisa-poikkeamaan, kg	Keskivirhe (se)	Merkitsevyys (P-arvo)
Karkearehun syönti-indeksi (SDMI-indeksi)	0,061	0,0053	<0,001
Väkirehun syönti-indeksi (CDMI-indeksi)	0,095	0,004	<0,001
Vakioitu maitotuotos (vEKM)	0,420	0,012	<0,001
Keskimääräinen aika poikimisesta (DIM alle 200 vrk)	-0,390	0,075	<0,001
Keskilehmäluku (yli 60 lehmää)	-0,400	0,070	<0,001

3.3.4. Tulosten tarkastelu

Alkuperäisestä Maitoisa-vaihtelusta Naseva – ja terveystarkkailuaineisto selittivät 18 %. Jäljelle jää 82 % vaihtelusta, mistä ruokintamalli selittää 54 %, eli 44 %-yksikköä alkuperäisestä vaihtelusta. Tämä 44 %-yksikköä jakaantuu eri muuttujille seuraavasti: SDMI 3%, CDMI 12%, sEKM 28%, DIM 1% ja keskilehmäluku 1%. Kaksi mallia selittää yhteensä 62 % alkuperäisestä vaihtelusta. Suhteessa selitettävissä olevaan osuuteen, ruokinnan indikaattoreina käytetyt muuttujat selittivät 67 %, Nasevan pääkomponentti ja erilliset muuttujat yhteensä 30 % ja terveystarkkailuaineiston muuttujien osuus selitysasteesta oli noin 3 %.

Tässä tutkimuksessa päähuomio keskittyi Naseva-aineistoon. Kun katsotaan miten selitetty osuus Maitoisa-poikkeaman vaihtelusta jakaantui kolmelle eri kokonaisuudelle, suurin merkitys oli kuitenkin ruokinnalla (67 %). Onkin selvää, että ruokinta on merkittävin tuotostasoon vaikuttava tekijä ja ruokinnan voimakkuudella voidaan vaikuttaa karjan tuotostasoon, eläinten geneettisen potentiaalin sallimissa rajoissa. Yhtäaikaista tarkastelua esimerkiksi terveystarkkailuaineiston kanssa kuitenkin osoitti, että eläinainekseen suhteutettuna korkealla tuotostasolla voi olla myös negatiivisia terveysvaikutuksia.

Olosuhteisiin liittyvien tulosten arviointi

Eläinten hyvinvointia pidetään yhtenä hyvän tuotoksen ja lypsylehmien kestävyysedellytyksenä, ja useat tutkimukset ovat pyrkineet selvittämään eläinten hyvinvoinnin ja maitotuotoksen yhteyttä. Useimmiten heikentynyt hyvinvointi vaikuttaa tuotokseen negatiivisesti, mutta viimeaikoina on löytynyt enenevissä määrin tuloksia myös siitä, että korkea tuotos altistaa lehmät terveys- ja hyvinvointiongelmille (Oltenacu & Broom 2010). Ingvarsenin ym. (2003) katsauksessa todettiin, että hedelmällisyys- ja terveysongelmat ovat huolestuttavasti lisääntyneet samalla,

Luonnonvarakeskus

kun eläimiä on valittu jalostukseen korkean maitotuotoksen perusteella. Suomessa käytössä oleva NTM arvostelu huomioi myös muut kuin tuotosominaisuudet, joten tuotostason nousu ei sinällään välttämättä lisää terveysongelmia. Tämän tutkimuksen aineistosta kävi ilmi, että hedelmällisyyshoitojen ja muiden hoitojen määrät lehmää kohti lisääntyvät Maitoisa-poikkeaman kasvaessa. Korkean tuotostaso liittyy voimakkaaseen ruokintaan ja/tai lehmien geneettiseen tuotospotentiaaliin. Tällaisten lehmien management on vaativaa ja johtaa lisääntyneeseen ennaltaehkäiseviin ja sairauksista johtuviin hoitoihin.

Aineenvaihdunta-, utare- ja keskushermostosairauksien hoitojen määrän kasvu puolestaan laski positiivista Maitoisa-poikkeamaa, ja voidaan olettaa, että näillä sairauksilla on suora negatiivinen vaikutus maitotuotokseen. On kuitenkin huomioitava, että näiden hoitojen osalta Maitoisa-poikkeama pysyi edelleen positiivisena kaikissa luokissa, eli näiden tilojen tuotostaso oli tästä huolimatta vastaavan eläinaineksen karjojen keskiarvoa korkeammalla. Myös Rajala-Schultz ym. (1999) havaitsivat, että poikimahalvaukset ja ketoosi olivat yhteydessä madaltuneeseen maitotuotokseen, mutta toisaalta niitä esiintyi useammin korkeatuotoksilla eläimillä.

Ontuminen ja sorkkasairaudet esiintyivät tämän tutkimuksen aineistossa sekä Naseva-mittareissa (Pääkomponentti 1) että hoitotiedoista luokitellussa ryhmässä 'muut hoidot'. Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että ontumisella on negatiivinen vaikutus maitotuotokseen ja tuotos lähtee usein laskemaan jo ennen kliinistä diagnoosia (Rajala-Schultz ym. 1999). Pääkomponentilla 1 oli negatiivinen vaikutus Maitoisa-poikkeamaan ja siten voidaan olettaa, että myös ontuminen ja huono sorkkaterveys vaikuttavat osaltaan tähän negatiiviseen yhteyteen. Toisaalta hoitotiedoissa ontuminen ja sorkkasairaudet kuuluivat muiden hoitojen ryhmään, jonka määrän kasvu oli yhteydessä positiivisen Maitoisa -poikkeaman kasvuun. Vaikka Rajala-Schultzin ym. (1999) tutkimuksessa ontuminen laski maitotuotosta, niin samaan aikaan itse asiassa ontuviksi diagnosoidut vanhemmat lehmät tuottivat enemmän maitoa kuin terveet eläimet. Myös Huxley (2013) katsauksessaan totesi, että korkeatuottoiset lehmät alkavat todennäköisemmin ontua, mutta toisaalta ontuminen laskee maitotuotosta jopa 270 – 574 kg yhden laktation aikana.

Hankkeessa käytetystä aineistosta on ontumisen ja sorkkasairauksien osalta hyvä huomioida kuitenkin se, että se sisälsi ainoastaan eläinlääkäreiden tekemät hoidot ja esimerkiksi sorkkahoitajien hoidot puuttuivat kokonaan. Tämä saattaa aliarvioida sorkkaongelmien määrää ja merkitystä maitotuotokseen. Ylipäättänsä hoitotietoja käytettäessä on huomioitava, että tämäntyyppisten tietokantojen tarkoitus on tallentaa vain eläinlääkäreiden tekemät lääkkeelliset hoidot, ei tietoa kaikista sairastuneista eläimistä (Lind ym. 2012). Lisäksi tietokantojen validointitutkimuksissa on havaittu, että hoitotietokannoissa on aina jonkin verran puuttuvia tietoja ja puutteiden määrä riippuu lisäksi siitä, mistä sairaudesta on kyse (Lind ym. 2012, Espetvedt ym. 2012).

Naseva-arvioinnissa käytetyn pisteluvun nousu tarkoittaa arvioitavana olevan olosuhdetekijän heikentymistä. Pääkomponentti 1 tulkittiin yleiseksi negatiivisen eläinten hyvinvoinnin muuttujaksi, koska kaikki Pääkomponentin 1 muuttujat latautuivat positiivisesti komponentille. Pääkomponentin korkea pisteluku tarkoittaa siten huonompaa hyvinvoinnin tasoa tilalla. Tiloilla, joilla oli matalat tai keskinkertaiset pääkomponenttipisteet (<0,6), oli positiivinen Maitoisa-poikkeama eivätkä eri luokat tällä tasolla eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Sen sijaan kahden korkeimman pisteluokan tiloilla oli negatiivinen Maitoisa-poikkeama ja ero oli tilastollisesti merkitsevä.

Pääkomponenttiin 1 sisältyvän ruokinnan osalta Nasevassa arvioidaan yleiskuvaa eläinten kuntoluokista ja laihojen eläinten määrää. Kirjallisuudessa on havaittavissa ristiriitaisia tuloksia kuntoluokan ja maitotuotoksen yhteydestä (esimerkiksi katsaukset Roche ym. 2009 ja de Vries ym. 2011). Tähän saattaa olla selittävänä tekijänä se, että kuntoluokan ja tuotoksen yhteys ei ole lineaarinen (Roche ym. 2009). Meidän aineistossa myös mallissa itsenäisesti käytetty Naseva-mittari teurasruhojen rasvaluokka kertoo tilan eläinten ravitsemustilasta. Pisteluvun nousu tarkoittaa tässä yhteydessä rasvaluokan alenemista. Ruhojen rasvaisuuden alentuessa Maitoisa-poikkeama laski ja matalimmassa rasvaisuusluokassa olevilla tiloissa poikkeama oli jo selvästi negatiivinen. Tuotantokauden alussa lehmät lypsävät paljon ja laihtuvat, kun taas tuotantokauden edetessä maitomäärä pienenee ja lehmät keräävät energiaa takaisin kudosvarastoiksi. Korkeatuottoisilla lehmillä on perinnöllinen taipumus ylläpitää maidontuotantoa kudosvarastojen kustannuksella (Palmio ym. 2016). Matala teurasruhojen rasvaluokka kertoo joko tuotantokauden alussa poistetuista lehmistä, tai ongelmista säättää lehmien energiansaantia tarpeeseen nähden. Yhteenvetona tuloksista voidaan todeta, että Nasevan arvion perusteella ruokinnan osalta huonosti pärjäävät tilat tuottavat keskimäärin vähemmän maitoa.

Luonnonvarakeskus

Melkein kaikki Nasevan olosuhdemittarit sisältyivät ensimmäiseen pääkomponenttiin. Monet tähän osuuteen kuuluvat mittarit, kuten eläinten puhtaus ja makuutilan riittävyys, kuvaavat lehmien makuumukavuutta. Lehmien päivittäisen makuuajan ja maitotuotoksen yhteyttä on spekuloitu (Cook 2008). On kuitenkin selvää, että riittämätön makuutila ja parsien huono management vaikuttavat negatiivisesti maitotuotokseen (Bach ym. 2008). Olosuhteet, kuten parsirakenteet ja käytetty kuivike, vaikuttavat myös ihovaurioiden määrään. Nasevan mittari iho- ja nivelvauriot latautui Pääkomponentille 1 ja siten niillä on meidän aineiston perusteella negatiivinen yhteys Maitoisa-poikkeamaan. Samankaltaisia tuloksia ovat saaneet myös Potterton ym. (2011), joiden tutkimuksen mukaan korkeatuottoisilla lehmillä on suurempi todennäköisyys saada ihovaurioita.

Vaikka laiduntamisella ja jaloittelulla tiedetään olevan positiivisia hyvinvointivaikutuksia, niin meidän tuloksissa molemmilla oli heikentävä vaikutus Maitoisa-poikkeamaan. Poikkeama pysyi kuitenkin positiivisella puolella kaikissa luokissa. Myös kirjallisuudessa on useita tutkimuksia, jotka osoittavat laiduntamisen ja maitotuotoksen negatiivisen yhteyden (kts. katsaus de Vries ym. 2011).

Toisaalta hankkeessa käytetyn aineiston taustalla saattaa maitotuotokseen vaikuttaa myös navettatyyppi. Suomessa on asetuksella säädetty, että parsinavetoiden lehmien on päästävä laitumelle tai jaloittelemaan vähintään 60 päivänä vuodessa toukokuun ja syyskuun välisenä aikana. Pihattonavetoissa puolestaan on sallittua pitää eläimet sisällä ympärivuoden. Voi siis olla mahdollista, että hyviä pisteitä näistä mittareista saavat tilat on useammin parsinavetoita. Huonoimpaan luokkaan Nasevassa päätyvät ne tilat, jotka eivät täytä laidunnuksen/jaloittelun osalta lainsäädäntöä, ja 2-luokkaan päätyvät muun muassa pihatot, joissa ei laidunneta lehmiä lainkaan.

Nasevan käyttäytymismittareista ensimmäiseen pääkomponenttiin sisältyi eläinryhmän käyttäytyminen keskenään, eläinten suhde ihmiseen ja eläinten käsittely. Positiivisten latausten takia myös näillä on oletettavasti negatiivinen vaikutus Maitoisa-poikkeamaan. Coignardin ym. (2014) tutkimuksessa WQ-kriteereillä sosiaalisen käyttäytymisen ilmentäminen ja positiivinen tunnetila oli positiivinen yhteys, jolloin kriteereissä huonoja pisteitä saaneilla tiloilla oli myös matalampi maitotuotos. Nasevan mittari eläinryhmän käyttäytyminen keskenään sisältää aspekteja molemmista edellä mainituista WQ-kriteereistä. Sosiaalinen kilpailu laumassa vaikuttaa lehmien käyttäytymiseen. Esimerkiksi eläinten ryhmittelytilanteessa lehmien seisomisaika lisääntyy ja vaikutuksia on myös syömiskäyttäytymiseen (Hasegawa ym. 1997, Phillips & Rind 2001), mikä voi vaikuttaa suoraan kuiva-ainesyöntiin a sitä kautta tuotokseen (Grant & Albright 2001). Ihmisen ja eläimen välinen suhde on tärkeä tekijä eläinten hyvinvoinnissa, etenkin kun lypsylehmiä joudutaan käsittelemään paljon. Korkea reaktiivisuus ja pelko ihmisiä kohtaan ovat yhteydessä matalampaan maitotuotokseen (Rushen ym. 1999, Breuer ym. 2000, Hemsworth ym. 2000).

Lopuista itsenäisesti mallissa mukana olleista Naseva-mittareista vaikutusta Maitoisa-poikkeamaan oli kuolleisuudella ja maidon laadulla. Tiloilla, joilla kuolleisuudessa Naseva-arvio oli luokassa 3, Maitoisa-poikkeama oli negatiivinen. Tila saa Nasevassa arvion "Korjattavaa", jos kuolleisuus ylittää 10 %. Suomessa kuolleisuus on keskimäärin 6 % ja yleisimmät syyt ovat onnettomuudet, poikimavaikkeudet ja -halvaukset sekä jalka- ja sorkkasairaudet (Sarjokari ym. 2018). Myös maidon laadun osalta kolmosluokan tiloilla Maitoisa-poikkeama oli negatiivinen. Nasevassa maidon laadusta saa arvion "Korjattavaa", jos tankkimaidon solumäärä ylittää toistuvasti 250 000 solua/ml. Maidon laatu ei itsessään ole eläinten hyvinvoinnin mittari, vaan paremminkin managementin ja hygienian (Barkema ym. 1998). Linjassa meidän tulosten kanssa Barkema ym. (1998) raportoi, että tilat, joilla tankkimaidon soluluku on alhainen (<150 000 solua/ml), tuottavat enemmän maitoa.

Tulosten perusteella Nasevan arviointi asteikolla 1-3 yleisesti ottaen tunnistaa tilanteet, joissa parannettavaa löytyy, mutta keskitason ylittävillä tiloilla arviointi ei tuota eroja tilojen välillä. Jos välineestä haluttaisiin kehittää myös keskitasoisia ja hyviä tiloja valmentava työkalu, tulisi arvioinnin asteikkoa tarkastella kriittisemmin ja ehkä lisätä arvioinnin vaihtoehtoja. Näkökulmaa kannattaisi kehittää puutteiden korjaamisesta parhaisiin käytäntöihin opastamiseksi.

Kuten hoitotietojen osalta, myös Nasevan terveydenhuoltokäyntien osalta on käyty keskustelua aineiston luotettavuudesta (Mughal ym. 2017). Terveydenhuoltokäynnin hyvinvoinnin arvioinnissa on havaittu kehittämistarpeita muun muassa mittareiden ohjeistuksen, otoskokojen ja luokittelurajojen osalta. joka tapauksessa

Luonnonvarakeskus

näin isolla tilamäärällä näyttää siltä, että Nasevan arviossa hyvinvoinnin osalta huonosti pärjävillä tiloilla on negatiivinen Maitoisa-poikkeama ja siten ne tuottavat keskimääräistä suomalaista tilaa vähemmän maitoa.

Ruokintaan liittyvien tulosten arviointi

Maitoisa-poikkeamaa selitettiin ensimmäisessä tilastanalyysissä Nasevan ja hoitotietojen perusteella. Jäljelle jääneestä Maitoisa-poikkeamasta käytetään nimitystä Maitoisa-residuaali. Tätä residuaalia selitettiin ruokinnan päivälaskelmista saatavilla tekijöillä. Regressiotarkastelussa mallin parametreiksi jäivät taulukko 7:ssä luetellut karkearehun syönti-indeksi, väkirehun syönti-indeksi, vakioitu maitotuotos, aikaa poikimisesta ja karjakokoluokka.

Ruokinta ja lehmän luontainen tuotospotentiaali vaikuttavat maitotuotokseen yksiselitteisemmin kuin olosuhdemuuttajat, minkä vuoksi 67 % selitettävissä olevasta alkuperäisestä vaihtelusta Maitoisassa selittyy Malli 2 kautta. Ruokinnan indeksipisteiden nousu vaikuttaa ainoastaan nostavasti tuotokseen. Yksittäinen olosuhdetekijä taas voi olla usean, toisinaan jopa vastakkaissuuntaisen, osatekijän summa ja vaikutus riippuu näiden osatekijöiden suuruudesta. Esimerkiksi laidunnus katsotaan hyvinvointia edistäväksi, mutta laiduntava tila voi kuitenkin olla pieni, tuotantoon alas ajava tila, joka ei tavoittelekaan korkeaa tuotostasoa.

Lehmän tuotospotentiaalia kuvaava vakioitu EKM (vEKM) on suurin residuaalin selittäjä Malli2:ssa. Vakioitu EKM nousee lehmän poikimakertojen lisääntyessä tai jos lehmä yksinkertaisesti on perimältään korkeatuottoinen. Samoin management-tekijöistä esimerkiksi rehun helppo saavutettavuus lisää vEKM tuotosta. Poikimakerta ja lehmän perimä ovat lähtökohtaisesti huomioitu Maitoisa-laskennassa. Jalostusarvon kautta arvioitu lehmän perimä on kuitenkin ainoastaan odotusarvo lehmän tuotoksesta ja fenotyyppinen mitattu tuotos eroaa aina odotusarvosta, mikä vuoksi vEKM:lle jää vielä huomattavasti selitysvoimaa.

Lehmien ruokinnan intensiteettiä kuvaavat indeksit CDMI ja SDMI. Edellisen lukuarvo nousee väkirehuosuuden noustessa. Jälkimmäinen nousee rehun D-arvon noustessa ja käymislaadun parantuessa. Ruokintaintensiteetillä ja lehmien genotyypillä on heikko yhdysvaikutus saavutettaviin tuotosvasteisiin, ellei kyse ole perimältään hyvin erilaisista lehmistä (Hammami ym. 2009). Tämän tutkimuksen aineisto koostui melkein kokonaan tuotosominaisuuksiltaan samankaltaisista holstein ja ayrshire –roduista, joten genotyyppi-yhdysvaikutuksia ruokinnan suhteen ei ole odotettavissa. Aineistossa ruokintaa kuvaavat indeksiluvut muuttavat siten Maitoisa-ratkaisua eri karjoilla saman verran.

Ruokintaa kuvaavista parametreista CDMI on vaikutukseltaan voimakkain. Kymmenen pisteen muutos indeksissä vastaa noin 2 kg ka muutosta väkirehumäärässä ja 0,95 kg muutosta Maitoisassa. Väki-rehun osuus kokonaiskuiva-aineen syönnistä muuttuu samalla noin 10 % eli pysytään tavanomaisen ruokintasuunnittelun vaihteluvälissä. Väki-rehutason nosto noudattaa vähenevän lisätuoton lakia. Geneettisen maidontuotantopotentiaalin täytyttyä ruokintaa voimistamalla ei saada enää lisätuotosta. Toisaalta yhdellä väki-rehukilolla on voimakas tuotosvaikutus ruokinnan sisältäessä vain vähän väki-rehua. Väki-rehun suhteen aliruokinnalla olevat lehmät reagoivat tuotoksellaan CDMI pisteen muutokseen voimakkaammin kuin korkean ruokintaintensiteetin lehmät. Väki-rehuosuuden, tai ruokintaintensiteetin ääripäät ovat joka tapauksessa eläinterveydelle haasteellisia.

Säilörehun laatua kuvaava SDMI pisteluku voi lehmän rehuksi kelpaavalla säilörehulla vaihdella välillä 80-110. Vaihteluvälin ääripäät vastaavat 1,8 kg eroa päivittäisessä maitotuotoksessa. Suuruusluokaltaan säilörehu voi käytännössä vaikuttaa Maitoisa-ratkaisuun jopa väki-rehua enemmän, ellei säilörehun laadun muutoksia korvata väki-rehuruokintaa muuttamalla. Ruokintaa kuvaavien indeksilukujen summa huomioi koko ruokinnan ja indeksien summa nousee selkeästi Maitoisa-poikkeaman myötä.

Maitoisa-ratkaisu ottaa huomioon lehmien laktaatiokauden vaiheen, joten aikaa poikimisesta tekijällä ei pitäisi olla vaikutusta residuaaliin. Selityssasteeltaan DIM vaikutus on mallissa pieni. Yli 200 päivää poikimisesta tilaluokassa poikimaväli oli 30 päivää pidempi verrattuna alle 200 päivää poikimisesta luokkaan. Pidentynyt poikimaväli pienentää Maitoisaratkaisua. Toinen mahdollinen selitys DIM vaikutukseen voi löytyä tilan managementistä. Maitoisaratkaisultaan pienen lukuarvon tila ilmeisesti tekee päivälaskelmia poikimakaudesta riippumatta, mikäli

korkea keskituotos ei ole tilan tavoitteissa ykkössijalla. Keskituotoksesta kiinnostunut tila sijoittaa päivälaskelmien ajankohdan poikimaruuhkan jälkeen. Tässä tapauksessa em tilaryhmien DIM keskiarvo muodostuu erilaiseksi.

Karjakoko muodostui malli 2:ssa merkitseväksi. Tässäkään tapauksessa vaikutus ei ole selitysasteeltaan suuri. Kvantitatiivisesti 0,4 kg ero Maitoisassa vastaa 135 kiloa pienempää keskituotosta suuremman kokoluokan karjassa. Ero ei ole suuri eikä sille löydy selitystä käytettävissä olevasta aineistosta.

3.4. Toteutusvaiheen arviointi

Jo hakemusvaiheessa hanke päätettiin toteuttaa pienikokoisena, koska se oli eräänlainen lisähanke aiemmin Makerasta rahoitettuun LETKA-hankkeeseen. Välitöntä synergiaa edeltäneeseen hankkeeseen ei kuitenkaan ollut, lukuun ottamatta aiempaan hankkeeseen osallistuneiden tutkijoiden valmista perehtyneisyyttä ja kirjallisuuden tuntemusta aihepiiristä. Toinen syy pieneen hankkeeseen päättymiseen oli varovaisuusperiaate: Vaikka aineistot tunnettiin laadukkaiksi, oli hieman epävarmaa, kuinka hyvin aineistot soveltuvat kvantitatiiviseen tutkimukseen ja tutkimuskysymyksen ratkaisuun. Tällä hankkeella saatiin siis samalla tuotettua katsaus aineistojen käytön mahdollisuuksiin (esimerkiksi muuttujien varianssi tilojen ja vuosien välillä). Tätä tietopääomaa voidaan tarvittaessa jakaa jos myöhemmin samoilla aineistoilla tehdään vastaavaa tai uutta tutkimusta.

3.5. Julkaisut

Hankkeessa oli lähtökohtaisesti tavoitteena laatia yhden tieteellisen artikkelin käsikirjoitus, joka myös toteutui. Käsikirjoitus on lähetetty arvioitavaksi tieteelliseen sarjaan. Lisäksi on laadittu yksi ammattilehtikirjoitus. Muita julkaisuja ja esityksiä tuloksista tehdään mahdollisuuksien mukaan myöhemmin.

4. Tulosten arviointi

4.1. Tulosten käytännön sovellutuskelpoisuus

Tutkimuksen perusajatuksena on selvittää, voidaanko rutiininomaisesti kerättävillä aineistoilla todentaa esimerkiksi paremmista olosuhteista aiheutuvaa tuotannollista hyötyä, vai tarvitaanko siihen työläämpiä WQ -arvioinnin tyyppisiä tilakohtaisia menetelmiä. Tulokset osoittavat että yli puolet poikkeamien vaihtelusta kyettiin selittämään malleilla. Jäljelle jäävä selittämätön osa on tilakohtaista vaihtelua, johon ei päästä tällä mittaustarkkuudella käsiksi. Osa selittämättömästä johtunee myös kirjaustarkkuudesta.

Tuloksina havaittiin esimerkiksi, että terveysongelmat lisääntyvät tuotoksen kasvaessa, vaikka osalla sairauksista onkin tuotokseen negatiivinen vaikutus (Maitoisa -poikkeama pysyy kuitenkin nollan yläpuolella).

Eläinten hyvinvointiin liittyvät ongelmat (joista monet liittyvät managementiin ja navettaratkaisuihin) puolestaan huonontavat Maitoisa -poikkeamaa ja ääritapauksissa (tilat, joilla Naseva luokituksessa "korjattavaa") jäävät selvästi Maitoisa -poikkeamassa negatiivisen puolelle. Tutkimus todentaa siten osaltaan väitettä, että korkeampaan eläinten hyvinvointiin panostaminen on myös tuotannollisesti (todennäköisesti myös taloudellisesti) kannattavaa.

4.2. Tulosten tieteellinen merkitys

Eläinten terveyden ja hyvinvoinnin yhteys maitotuotokseen on kansainvälisesti kiinnostava aihe. Aiemmassa, melko vähäisessä kyseisen tutkimuskysymyksen kirjallisuudessa aineistot perustuvat pääasiassa pienehköihin tilatason tutkimuksiin. Tässä tutkimuksessa käytetty "tuhansien tilojen aineiston" mittakaava on eläinten terveyden ja hyvinvoinnin kirjallisuudessa harvinaista tai jopa ennennäkemätöntä. Kvantitatiivisen mittaamisen merkitys kasvaa jatkuvasti, samalla kun maataloilta kerättävän tiedon määrä lisääntyy. Tutkimus tukee osaltaan Mikaela Mughalin väitöstutkimusta.

Jatkotutkimuksessa tulisi edetä terveyden ja hyvinvoinnin vaikutusten tuotannollisista vaikutuksista taloudelliseen kannattavuuteen. Taloustutkimus kuitenkin edellyttää erityisesti työn määrän määrittelyä ja seuranta, joka rajoittaa laajojen aineistojen keräämisen mahdollisuuksia. Nyt tutkimuksessa havaittiin erilaisia indikaattoreita, joilla oli merkitsevä yhteys maitotuotospotentiaalin saavuttamiseen.

5. Lähdeluettelo

Bach, A., N. Valls, A. Solans & T. Torrent. 2008. Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *J. Dairy Sci.* 91, 3259 – 3267.

Barkema, H.W., H. Schukken, T.J.G.M. Lam, M.L. Beiboer, G. Benedictus & A. Brand. 1998. Management practices associated with low, medium, and high somatic cell counts in bulk milk. *Journal of Dairy science* 81, 1917 – 1927.

Breuer, K., P. H. Hemsworth, J. L. Barnett, L. R. Matthews, & G. J. Coleman. 2000. Behavioural response to humans and the productivity of commercial dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 66, 273 – 288.

Coignard, M., R. Guatteo, I. Veissier, A. Lehébel, C. Hoogveld, L. Mounier, & N. Bareille. 2014. Does milk yield reflect the level of welfare in dairy herds? *Veterinary Journal*, 199(1), 184–187.

Cook, N.B. (2008) Time budgets for dairy cows: how does cow comfort influence health, reproduction and productivity? *Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop*, 12.-13.11.2008, Grantville, PA, USA. p. 53 – 60.

de Vries M., E.A.M. Bokkers, T. Dijkstra, G. van Schaik & I.M.J. de Boer. 2011. Invited review: Associations between variables of routine herd data and dairy cattle welfare indicators. *J. Dairy Sci.* 94: 3213–3228.

Espetvedt, M.N., C. Wolff, S. Rintakoski, A. Lind, & O. Østerås. 2012. Completeness of metabolic disease recordings in Nordic national databases for dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 105, 25 – 37.

Grant, R.J. & J. L. Albright. 2001. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84(E. Suppl.), E156 – E163.

Hammami, H., Rekik, B. & Gengler, N., 2009. Genotype by environment interaction in dairy cattle. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13, 155-164.

Hasegawa, N., A. Nishiwaki, K. Sugawara & I. Ito. 1997. The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behavior and adrenocortical response. *Applied Animal Behaviour Science* 51, 15 – 27.

Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., Barnett, J. L., & Borg, S. (2000). Relationships between human-animal interaction and productivity of commercial dairy cows. *Journal of Animal Science*, 78, 2821–2831.

Huxley, J. N. 2013. Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livestock Science*, 156(1–3), 64–70.

Huhtanen, P., Rinne, M., Mantysaari, P. & Nousiainen, J. 2011. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage-based diets. *Animal* 5:691-702.

Luonnonvarakeskus

Ingvarsen K. L., R. J. Dewhurst, & N. C. Friggens. 2003. On the relationship between lactational performance and health: Is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livestock Production Science*, 83(2–3), 277–308.

Koivula, M., Nousiainen, J. I., Nousiainen, J. & Mäntysaari E. A. 2007. Use of Herd Solutions from a Random Regression Test-Day Model for Diagnostic Dairy Herd Management. *Journal of Dairy Science*, 90: 2563-2568.

Kyntäjä, J., Karlström, T., Rinne, M., Nousiainen, J., Palva, R. & Nokka, S. 2010. Pitkän tähtäimen ruokinnan suunnittelu. Teoksessa Kyntäjä, J., Nokka, S. ja Harmoinen, T. (toim.) *Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan* 133. ProAgria Keskusten liitto.

Lind, A., P. T. Thomsen, A. K. Ersbøll, M. N. Espetvedt, C. Wolff, S. Rintakoski & H. Houe. 2012. Validation of Nordic dairy cattle disease recording databases – Completeness for locomotor disorders. *Preventive Veterinary Medicine*, 107, 204 – 213.

Mughal, M., L. Frondelius, M. Pastell, H. Lindeberg, E. Tuunainen & J. Mononen. 2017. Comparing welfare assessment results from Welfare Quality and a Finnish healthcare scheme for cattle. In: Ingrid C. de Jong, Paul Koene (Eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level*. Ede, The Netherlands, September 5.-8., 2017. Wageningen Academic Publishers. p. 138.

Oltenacu, P.A. & D. M. Broom. 2010. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Animal Welfare* 19(S), 39 – 49.

Palmio, A., Sairanen, A & Kokkonen, T. 2016. Negatiivisen energiataseen hallinta. In: Palmio, A., Niskanen, O., Kajava, S., Kykkänen, S., Hyrkäs, M. & Sairanen, A. 2016. *Kestävä Karjatalous, loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 53/2016. p. 41-53.

Phillips, C.J.C. & M. I. Rind. 2001. The effects on production and behavior of mixing uniparous and multiparous cows. *J. Dairy Sci.* 84: 2424 – 2429.

Potterton, S.L., M. J. Green, J. Harris, K. M. Millar, H. R. Whay & J. N. Huxley. 2011. Risk factors associated with hair loss, ulceration, and swelling at the hock in freestall-housed UK dairy herds. *J. Dairy Sci.* 94: 2952 – 2963.

Rajala-Schultz, P. J., Y. T. Gröhn & C. E. McCulloch. 1999. Effects of Milk Fever, Ketosis, and Lameness on Milk Yield in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 82: 288–294.

Roche, J.R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford & D. P. Berry. 2009. Body condition score and its association with dairy cow productivity, health and welfare. *J. Dairy Sci.* 92: 5769 – 5801.

Rushen J., A. M. B. de Passille, & L. Munksgaard. 1999. Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *J. Dairy Sci.* 82: 720 – 727.

Sarjokari, K., M. Hovinen, L. Seppä-Lassila, M. Norring., T. Hurme O. A. T. Peltoniemi, T. Soveri & P. J. Rajala-Schultz. 2018. On-farm deaths of dairy cows are associated with features of freestall barns. *J. Dairy Sci.* 101: 6253-6261.

Welfare Quality Consortium. (2009). *Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle*. Lelystad: The Netherlands. Available at <http://www.welfarequalitynetwork.net/network>.